

## ODUN SELÜLOZU: ENERJİ VE AÇLIK SORUNUNU ÇÖZER Mİ?

Açlık ve enerji açığı dünyanın en önemli iki sorunudur. Bu sorunları çözmek isteyen bilim adamları, odun selülozundan nişasta ve alkol üretmeyi başardı.

### Selülozun Kimyasal Formülü Nişasta ile Aynı

Nişasta, günlük gıdamızın %40'ını oluşturduğu için açlık sorununun çözümünde önem taşır. Selülozun kimyasal formülü, nişastayla aynı olduğu halde insanlar için gıda değeri yoktur. Vücudumuzdaki enzimler, selülozu parçalayıp enerjiye çeviremez. Sığır ve keçi gibi hayvanların vücut enzimleri, selülozu parçalar ve şekere dönüştürüp enerji sağlar. Selüloz ve nişasta; karbon, hidrojen ve oksijen atomlarından oluşur. Aralarındaki fark, bu iki molekülün geometrik yapılarındaki bir kimyasal bağın yönünün farklı oluşudur. Glikoz molekülleri bitkilerin bünyesinde, uç kısımlarından birbirine bağlanınca nişasta veya selüloz oluşur. Selülozun da nişastanın da kapalı formülü  $(C_6H_{10}O_5)_n$  olarak yazılır. Formül, "n" sayısı kadar glikoz olduğu anlamını taşır. Glikoz moleküllerinin uçlarından birbirine bağlanarak oluşturduğu zincirin yapısı, el ele tutuşmuş bir insan zincirine benzer. İnsanlar ellerini aşağı sarkıtarak el ele tutuşursa, görüntü nişasta molekülündeki glikozların konumunu andırır. Şayet bir elleri yukarı kalkık diğeri aşağı sarkık ise bu görüntü selüloz molekülündeki glikozların konumuna benzer. Selülozdaki glikozların bağlanış açısı nişastadan farklı olduğundan, selülozu sindiremiyoruz ve bu nedenle fakir ülkelerde insanlar açlıktan ölüyor.



**Nişasta ve selüloz arasındaki fark glikoz moleküllerinin bağlanış açısıdır**

**Selülozu Nişastaya Dönüştüren Kimyasal Yöntemin Keşfi Bu Yıl Açıklandı**  
Çin asıllı ABD’li bilim adamı Y. P. Zhang, selülozu nişastaya çevirdiğini açıkladı. Doğada yetişen yabancı ot ve bitkiler her yıl çürüyüp yok oluyor. Sebze ve meyvelerin kabukları ve yenilmeyen kısımlar çöpe atılıyor. Orman işletmelerinde ağaçların kullanılmayan kısımları atılıyor. Bu atıklardaki selülozu nişastaya dönüştürüp açlık sorununu çözmek için yıllardır çalışılıyor. Doç. Dr. Zang, buluşunu açıklarken, Çin’de gıda kıtlıkları nedeniyle geçmişte Tang ve Ming Hanedanlarının tahttan uzaklaştırıldığını anlattı. Zang’ın dünyanın geleceği ile ilgili buluşunun uygulanması, pahalı aletler gerektirmiyor. Zang bu çalışmasında; patatesin, bir bakterinin ve bir mantarın genlerini aldı. Bu genlerle “E. coli” adlı bakterinin genlerini modifiye etti. Yeni genler sayesinde selülozu nişastaya dönüştüren enzimleri elde etti. Enzimlerin bir grubu, selülozu glikoz moleküllerine (tekli veya ikili) bölerken diğer enzimler de glikozları birbirine bağlayarak nişasta üretiyor. Zang, selülozun %30’unu nişastaya geri kalanını da glikoza dönüştürdüklerini açıkladı. Sistem, fazla enerji kullanmadığı ve enzimler rejenere edilip tekrar kullanıldığı için nişasta maliyeti düşük. Zang ve ekibi, buluşlarını Proceedings of the National Academy of Sciences dergisinde yayınladı ve konu 17 Nisan 2013’te basına yansıdı.



**Odun selülozunu nişastaya dönüştüren  
Y. P. Zhang (2013-Virginia Tech)**

### **Selülozdan Üretilen Alkol Biyoyakıt Olarak Kullanıma Girdi**

Petrol rezervleri azalınca, alternatif yakıt olarak alkolün iyi bir seçenek olduğu görüldü. Selülozun birbirine bağlanmış glikoz moleküllerinden oluştuğu keşfedilince, çok sayıda kimyacı selülozdan glikoz üretme yöntemleri geliştirdi. Odun selülozunun şeker moleküllerinden oluştuğunu ilk kez Fransız kimyacı H. Braconnot 1819’da keşfetti. Braconnot, selülozu sülfürik asit ile reaksiyona sokunca selülozun hidrolize olup (parçalanıp) şeker moleküllerine dönüştüğünü buldu. Almanlar, selülozdan üretilen şekeri fermente ederek alkole dönüştürüp

1898’de satışa sundu. ABD’de 1910’da selülozdan alkol üretmeye başlayan fabrikalar I. Dünya Savaşı’nın sonunda ekonomik nedenlerle kapandı. ABD’de II. Dünya Savaşı sırasında askeri araçlar için sentetik lastik üretilmeye başlandı. Bu nedenle ABD’li kimyacılar odun talaşından alkol üretimine tekrar başladı. Alkol, bütadiene dönüştürülüp lastik üretildi. Bu tesisler, savaş sonrasında ekonomik nedenlerle kapandı. Selülozu asitle parçalayıp şekere dönüştürmek maliyeti arttırdığı için 1990’lardan itibaren kimyacılar asit yerine selülozu enzimlerle parçalamaya yöneldi. Enzimlerin maliyeti düştükçe selülozdan alkol üretmek ucuzlaştı. Günümüzde selüloz, enzimler yardımıyla şekere dönüştürülüyor ve ardından da maya ile fermente edilip alkol üretiliyor. Bazı tesislerde ise selüloz ısıtılıp kavrularak karbon monoksit, karbondioksit ve hidrojen karışımı elde ediliyor. Bu gaz, daha sonra fermantasyon sisteminde özel bir bakteri (*Clostridium ljungdahlii*) ile alkol ve su karışımına dönüştürülüyor.



**Yongadan üretilen gaz karışımının alkole dönüştürüldüğü tesis (Avustralya)**

**ABD Hükümetleri Selülozdan Alkol Üretimi İçin Maddi Destek Sağlıyor**  
ABD’de çok sayıda şirket, dünyadaki petrolün 50-100 yıl sonra tükenmesi beklendiği için selülozdan alkol üretmeye ağırlık veriyor. Selülozdan üretilen alkolü petrol yerine yakıt olarak kullanmak için henüz kapasite ve maliyetler uygun değil. ABD hükümetleri, maliyetin düşürülmesi ve yeni yöntemler geliştirilmesi için şirketlere verilen mali destekleri arttırdı. ABD Başkanı G. W. Bush, 2006’da selülozdan üretilen alkolün yakıt olarak kullanılmasının yaygınlaştırılmasını istedi. Bush, 2007’de selülozdan üretilen yıllık alkol miktarının arttırılarak 2017’de 130 milyar litreye ulaşmasını hedef olarak

koymuştu. Bush, 2007-2017 d6neminde kurulacak olan sel6lozdan alkol 6reten tesisler i7in 3,6 milyar dolar destek fonu ayırdı. H6k6met, 2007'de bu ama7la geliştirilen 6 yeni tesise 385 milyon dolar destek verdi. Bařkan Obama da bu projeleri destekliyor. G6n6m6zde, sel6lozdan 6retilen alkol6n litresi 1,20 liraya mal olmaktadır. ABD ve Brezilya'da, alkol6n normal yakıtta katılarak otomobillerde kullanılması olduk7a yaygındır.

Odun sel6lozundan nişasta ve alkol 6retimi zamanla yaygınlaşacak. Sel6lozdan 6retilen nişastanın a7lık, alkol6n de enerji sorununu 76zme umudu doğdu.

**Prof. Dr. Ural Akbulut**  
**ODT6 Kimya B6l6m6**